Innovative R&D by NTT

全部門第一位チーム「ψ沈黙のジャスティスψ」が解説する最強の匿名加工技術

NTTセキュアプラットフォーム研究所

濱田 浩気

概要

昨年の PWS Cup で，ψ沈黙のジャスティスψは
幸運にもたくさんの賞をいただけました.
その中で何をしていたのかをご紹介いたします.

目次

- ψ沈黙のジャスティスψ (概要，方針)
- 匿名加工フェーズ (予備戦，本戦)
- 再識別フェーズ(予備戦，本戦)

ψ沈黙のジャスティスψとは

- NTT という会社の真面目な3人の社員

- 表の顔: プライバシー保護技術の研究者
- 昨年7月～: ψ沈黙のジャスティスψで大会参加

チームの方針

- (かなり)勝負に徹する
  - 会社からの~~プレッシャー~~応援
    - やりすぎと思われた方，すみません．．．

- でも大会は盛り上げたいし楽しみたい
  - 匿名加工は各自一つずつ好きなものを提出
    - 再識別フェーズを考えると，本命以外の2枠は当てられにくいものを提出するのが有利だが
  - ヒントは与える(後述)が，早めにいくつか提出

ルール分析と対策(1/2)

- **相対**評価
  →どれを提出していいかわからない
  →匿名加工では**多様**なデータを用意・提出し，
  良いものを残そう

- **評価値**は**公開**
  →早めの提出は他チームへの**手法のヒント**に
  →できるだけ遅めに提出しよう，
  他チームの評価値をよく見よう

ルール分析と対策(2/2)

- サンプルの**再識別率**，**U5**も**公開**
  - →匿名加工データからは**分かり得ない**情報
    実世界では得られないが，**再識別に有用**
  - →評価値を積極的に利用

- あくまで**指標値で決着**
  - →既存の手法に囚われず，
    指標値の**最適化に集中**

匿名加工フェーズ(予備戦)

おおまかな戦術の選定

- いくつの指標で勝てそうかで見積もり
  - 対象: 元のまま，k匿名，YA，etc.

	重み	指標	元のまま	k匿名	YA
有用性	2	U1(meanMAE)	◎	○	◎
	2	U2(crossMean)	◎	△	◎
	2	U3(crossCount)	◎	△	◎
	2	U4(corMAE)	◎	×	◎
	2	U5(IL)	◎	×	△
	2	U6(nrow)	◎	◎	◎
安全性	3	S1(min-k)	△	◎	△
	3	S2(avg-k)	△	◎	△
	6	S3(max-reid)	×	○	◎
評価			14	14.7	18.7

凡例
◎: 1位
○: 上から1/3
△: 上から2/3
×: 最下位近く

具体例1: フリーダム(予備戦1位)

申請番号	チーム	提出ファイル	A)有用性U1～U6 平均ランク	B)安全性S1～S2 ランク合計/4	C)安全性S3～S6 最高値ランク/2	総合点 A+B+C
1513	ψ沈黙のジャスティスψ	[フリーダム]	3.00000	2.75000	0.50000	6.25000
1494	SSTK	[SSTK_ICE_FINAL04]	3.16667	2.75000	0.50000	6.41667
1515	MDL	[演員的自我修养]	3.66667	2.75000	0.50000	6.91667
1490	SSTK	[SSTK_ICE_FINAL03]	3.83333	2.75000	0.50000	7.08333
1528	MDL	[ちゃんとしてない]	4.00000	2.75000	0.50000	7.25000
1426	Tsukuba-KDE	[CCM02]	5.00000	2.75000	0.50000	8.25000
1505	Tsukuba-KDE	[CCM03]	5.00000	2.75000	4.00000	11.75000
1424	チームすててこ伊藤	[ステテコY3]	6.00000	8.75000	0.50000	15.25000
1583	ψ沈黙のジャスティスψ	[五十万郎丸]	4.66667	2.75000	8.00000	15.41667
1152	@kusano_k	[RhoAias2]	4.83333	2.75000	8.00000	15.58333
1589	ψ沈黙のジャスティスψ	[ジャスティスなビーバーの大工事]	11.16667	2.75000	4.00000	17.91667
1151	@kusano_k	[RhoAias1]	1.00000	2.75000	15.50000	19.25000
1493	Tsukuba-KDE	[わらび＊もちもち]	13.66667	2.75000	4.00000	20.41667
1496	SSTK	[SSTK_ICE_FINAL06]	13.16667	2.75000	6.50000	22.41667
1154	@kusano_k	[RhoAias3]	1.00000	8.75000	15.50000	25.25000
1518	nifigaki	[hoge]	1.00000	8.75000	15.50000	25.25000
1519	nifigaki	[a1]	1.00000	8.75000	15.50000	25.25000
1568	圧倒的「成長」	[ファイナルエスカレーション5]	18.16667	2.00000	6.50000	26.66667
1498	MDL	[ちゃんとしてる]	12.50000	2.75000	11.50000	26.75000
1473	圧倒的「成長」	[リバイズ5]	15.00000	2.75000	9.50000	27.25000

フリーダム(予備戦1位)でしたこと

- QI統一
- YA (+IL最適化(+ランダム化))

	重み	指標	YA		フリーダム
有用性	2	U1(meanMAE)	◎		◎
	2	U2(crossMean)	◎		◎
	2	U3(crossCount)	◎		◎
	2	U4(corMAE)	◎		◎
	2	U5(IL)	△	→	○
	2	U6(nrow)	◎		◎
安全性	3	S1(min-k)	△		△
	3	S2(avg-k)	△	→	○
	6	S3(max-reid)	◎		◎
評価			18.7	→	20.3

凡例
◎: 1位
○: 上から1/3
△: 上から2/3
×: 最下位近く

QI 統一

- **手法**: U2, U3 で**対象外のカテゴリ属性**の値を**単一**にする

- **効果**: ほぼノーリスクで **S2 を高められる**

世帯	性別	産業	職業	食料支出	
1	1	2	5	29496.0792	…
1	2	2	5	25806.1846	…
1	2	3	6	38278.1598	…
2	2	3	VV	74122.0521	…
2	1	1	5	33256.8355	…
2	2	1	6	46992.7870	…
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

世帯	性別	産業	職業	食料支出	
1	1	2	5	29496.0792	…
1	1	2	5	25806.1846	…
1	1	3	5	38278.1598	…
2	1	3	5	74122.0521	…
2	1	1	5	33256.8355	…
2	1	1	5	46992.7870	…
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

YA (山岡匿名化)

- **手法**: 行ごとに属性値を入れ替え

- **効果**: U5 は失うが，U1-U4,U6,S1,S2 を維持しながら S3 を高められる

行番号	性別	産業	職業	食料支出	
1	1	2	5	29496.0792	…
2	2	2	5	25806.1846	…
3	2	3	6	38278.1598	…
4	2	3	VV	74122.0521	…
5	1	1	5	33256.8355	…
6	2	1	6	46992.7870	…
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

行番号	性別	産業	職業	食料支出	
1	1	1	5	33256.8355	…
2	2	2	5	25806.1846	…
3	2	3	6	38278.1598	…
4	2	1	6	46992.7870	…
5	2	3	VV	74122.0521	…
6	1	2	5	29496.0792	…
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

YA + IL最適化

- **手法**: YA の高度化. **U5 が大きくならない**ように行ごとに属性値を入れ替え

- **効果**: YA で **U5 も小さめ**.

- **実装方針**: 匿名化対象データは8333レコードしかないないので, $O(n^2)$でもなんとかなるはず

  ➔ **各行間の距離(IL)をすべて計算**し, **小さいペアから採用**する$O(n^2 \log n)$の**貪欲法**

  – 簡単な枝刈りをしつつで**1分程度**

YA + IL最適化 + ランダム化

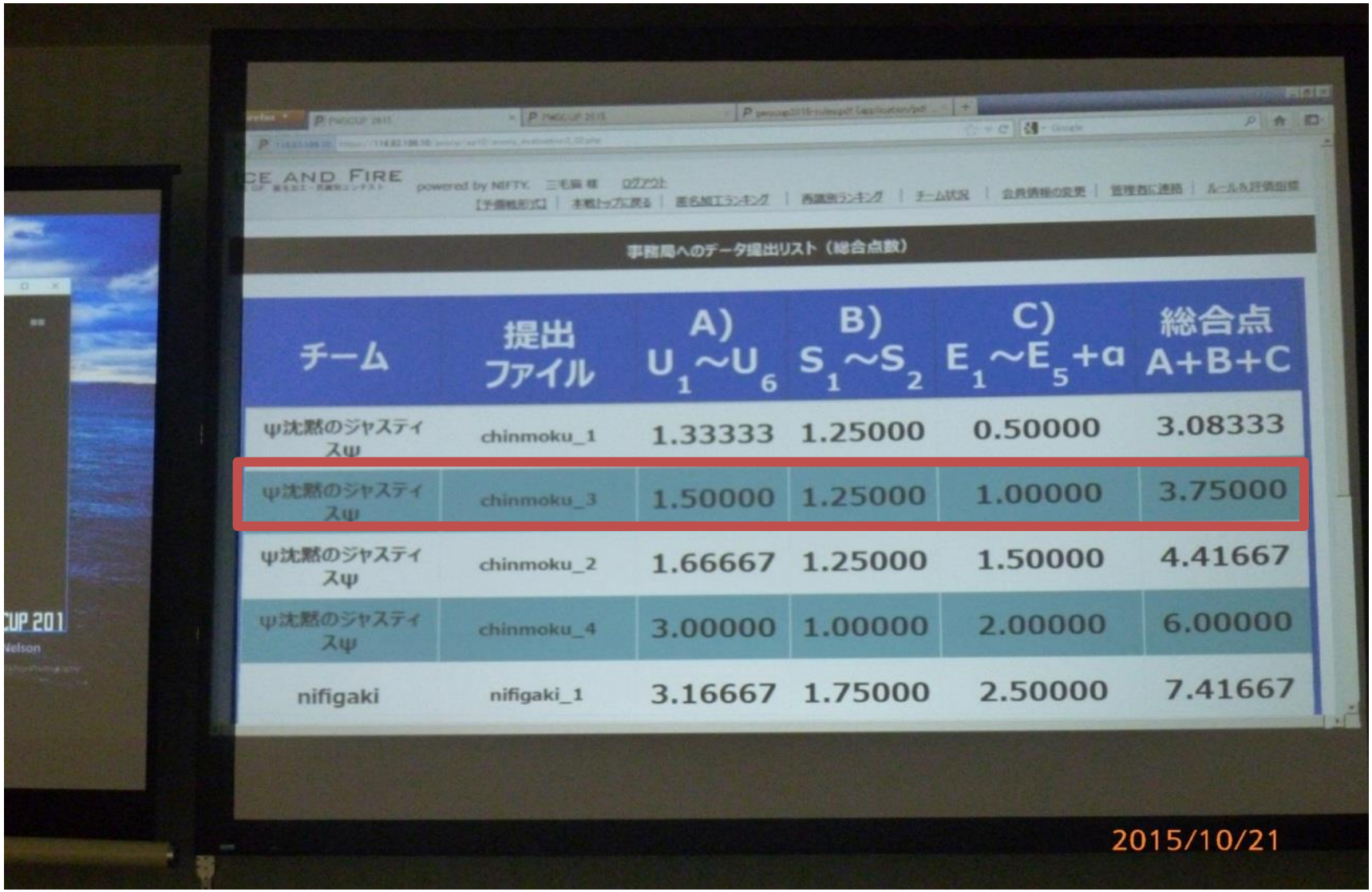
- **手法**:「YA + IL最適化」の高度化
  - **貪欲法をランダム化**し，乱数の範囲を調整して**U5 と S3 のバランス**を取れるようにする

- **効果**: U5 は少し大きくなるが，当てられにくくなる

- **実装**: 行間の距離に**ノイズ(乱数)を加算**
  - ノイズ大→当てられにくく，U5大きく
  - ノイズ小→当てられやすく，U5小さく

匿名加工フェーズ(本戦)

具体例2: アイロン(本戦1位)



チーム	提出ファイル	A) U_1～U_6	B) S_1～S_2	C) E_1～E_5+α	総合点 A+B+C
ψ沈黙のジャスティスψ	chinmoku_1	1.33333	1.25000	0.50000	3.08333
ψ沈黙のジャスティスψ	chinmoku_3	1.50000	1.25000	1.00000	3.75000
ψ沈黙のジャスティスψ	chinmoku_2	1.66667	1.25000	1.50000	4.41667
ψ沈黙のジャスティスψ	chinmoku_4	3.00000	1.00000	2.00000	6.00000
nifigaki	nifigaki_1	3.16667	1.75000	2.50000	7.41667

アイロン(本戦1位)でしたこと

- フリーダム(QI統一，YA+IL最適化+ランダム化)
- QIグループ内スワップ

	重み	指標	フリーダム		アイロン
有用性	2	U1(meanMAE)	◎		◎
	2	U2(crossMean)	◎		◎
	2	U3(crossCount)	◎		◎
	2	U4(corMAE)	◎	→	×
	2	U5(IL)	○		○
	2	U6(nrow)	◎		◎
安全性	3	S1(min-k)	△		△
	3	S2(avg-k)	○		○
	6	S3(max-reid)	(◎→)×	→	◎
評価			(20.3→)14.3	→	18.3

QIグループ内スワップ(1/2)

- **手法**: 各QIグループ内で数値属性値を
  属性ごとに独立にスワップ

世帯	人員	消費支出	食料	住居
1	1	2398.98	193.23	345.45
1	1	2389.11	78.22	567.88
1	1	2092.98	987.64	412.23
2	1	2888.10	234.23	452.90
2	1	2074.42	105.32	576.12
2	1	2615.21	688.98	662.21
⋮		⋮	⋮	⋮

世帯	人員	消費支出	食料	住居
1	1	2092.98	78.22	412.23
1	1	2398.98	987.64	345.45
1	1	2389.11	193.23	567.88
2	1	2074.42	234.23	576.12
2	1	2615.21	688.98	452.90
2	1	2888.10	105.32	662.21
⋮		⋮	⋮	⋮

QIグループ内スワップ(2/2)

- **効果**:
  - AYA に強くなった(S3 向上)
  - 同一QIグループ内でのスワップなので．．．
    - U2, U3 には影響なし
    - U4 は悪化するが諦める

- **なぜうまくいくのか**:
  - AYA は総和に基づくソートで推定

➔ 総和が乱れると隙ができる(AYAの推定が甘くなる)

➔ その後IL最適化を行えば，この隙に入り込める

その他

- 数値属性で分けたクラスタ中で行入れ替え
  (五十万郎丸(予備戦9位))
  - その際に数値を平均化 = 総和を乱して AYA 対策
    (Anony Name(本戦2位?), ponnyo(本戦4位?))

- 平均と相関を保存する擬似データを生成
  (ジャスティスなビーバーの大工事(予備戦11位))

- QIグループ間のレコード移動で S2(min-k) 向上
  - U2 をあまり変えないレコードを選んで移動

  → U3 を壊すので思ったほど効果が上がらず

再識別フェーズ

再識別の方針

データを眺めて3つに分類

1. 微小なノイズとかなどで簡単に解けそう
   → 簡単に解く

2. サンプルで十分によさそう
   → サンプルを適用

3. YA みたいだから無理そう
   → IL 近傍推定
   → 教科書 YA 解読

IL近傍推定

- **発想**: YA を使う場合は IL (U5)を小さくするはず
  →IL が小さいレコードを選んで推定結果とすれば，そこそこ当たるのでは

- **手法**: 各レコードに対し，ILが最小の行番号を推定値として出力

- **実装**: 8333行なので$O(n^2)$の実装．6秒くらい

教科書YA解読(1/2)

経緯:

- YA 採用チームはきっとU5を小さくしているはずなのに U5 が 0.037 と大きいデータがある？
- ランダムでも U5=0.035 程度のはずなのに？？
- もしかして，**教科書(ルール説明論文)そのままの実装**があったりするのでは？

➔ あ，あった！(U5=0.028だけど)

- さらに，**ずれ幅**を変えていたりとか？

➔ あ，あった！(U5=0.037)

教科書YA解読(2/2)

- **手法**:
  ずれ幅1～8332の教科書YAすべてのILを計算
  一致する評価値を持つ匿名加工データを探す

頑張って計算したIL

ずれ	IL (U5)
1	0.02796416
2	0.02996592
3	0.03217687
4	0.03292660
5	0.03330663
6	0.03331962
⋮	⋮
8332	0.02796416

見～つけた！

各匿名加工データの指標値

名前	U1	…	U5	…
データ1	0.00		0.01305021	…
データ2	1.01		0.00000000	…
データ3	0.00		0.02796416	…
⋮	⋮		⋮	

まとめ

Innovative R&D by NTT

ψ沈黙のジャスティスψのしたことを解説

指標値の最適化に集中した結果:

- 匿名加工:
  - **YA** をベースに **IL最適化**
  - QIグループ内**スワップ**
- 再識別:
  - **IL近傍推定**
  - 教科書YA解読

おわりに

- とても勉強になりましたし，
  何より，非常に楽しいコンテストでした

- 一緒に競い合ってくださったみなさま，
  運営のみなさま，誠にありがとうございました